

カブトムシの白色眼突然変異体

原田昌晃^{*}，中谷勇[†]，久保田伸夫[‡]

(2005 年 5 月 2 日 受理)

Abstract

The beetle *Allomyrina (trypoxylus) dichotoma* with white-compound eyes.

In 2001, a male beetle *Allomyrina (trypoxylus) dichotoma* with white compound eyes was found in a beetle farm in Yasaka village, Shimane, Japan. The beetle was mated with a normal one. The inherited characteristics of the first filial generation (F_1) were the same as those of normal compound eyes. One quarter of the second filial generation (F_2) had white-compound eyes and the others had normal compound eyes. Based on the phenotypes of F_1 and F_2 , the trait of the white-compound eye is recessive to the normal one and is controlled by Mendelian laws. On the normal compound eye of the beetle, the melanin pigment layer covered the surface of the compound eye under the cuticulated layer. However, the melanin pigment was lacked in the surface layer of white-compound eyes.

1 序

カブトムシ *Allomyrina (trypoxylus) dichotoma* は，国内ではよく知られており，朝鮮半島，中国，東南アジアなどにも分布している甲虫の 1 種である．これまでに複眼にメラニン色素を欠く白色眼突然変異体については，ショウジョウバエ [1]，フタホシコオロギ [2]，アメリカザリガニ [3] でも知られている．カブトムシでも複眼の白い雌 1 個体が 2001 年に島根県浜田市弥栄町（旧那賀郡弥栄村）のカブトムシ養殖場で発見された．この養殖場（約 5×5 m）は，シイタケ廃菌床のブロックを積んで野生のカブトムシが産卵するようにしたものである．同じ時期に，この養殖場から数百個体のカブトムシが羽化した，複眼の白い個体が確認されたのはこの 1 個体だけであった．この変

^{*}山形大学理学部数理科学科

[†]山形大学理学部生物学科

[‡]弥栄カブト・クワガタワールド

異型個体と野生型個体とを交配させて複眼の白い個体を遺伝的に分離したので報告する．

2 材料と方法

2.1 飼育と産卵の準備

カブトムシは，市販の昆虫用のプラスチック製飼育容器（富永樹脂，サイズ：370×220×240 mm）で飼育した．飼育容器の底に，カブトムシ飼育用として市販されている広葉樹を粉碎して発酵させたマット（小麦粉発酵マット，奈良オオクワセンター）を厚さ約 15 cm 入れた．それぞれの飼育容器に成虫個体を雌雄 1 対ずつ入れて， $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保った室内で飼育した．

マットを飼育容器の底に厚さ約 5 cm に硬く詰め，さらにその上約 10 cm の厚さに軽く入れた．このマットの上面に登り木（直径約 5 cm，長さ約 15 cm）を置いた．餌として，市販の昆虫用ゼリー（樹液ゼリー，奈良オオクワセンター）を飼育容器内に常時入れておいた．マットが乾燥しないように適宜，水道水を霧吹きで吹きかけて表面を湿らせた．

2.2 交配と表現型

発見された複眼の白い個体と野生型の雄個体とを交配させて第 1 代目の個体 (F_1) を得た． F_1 個体同士を交配させて第 2 代目の個体 (F_2) を得た． F_1 個体同士の交配では，雌雄 5 対について，表現型ごとにそれぞれの対の F_2 の個体数を調べた．これ以外の残りの F_1 個体同士の交配で得た F_2 の個体は総数を調べた． F_2 個体同士の交配は，変異型の個体同士で行わせた．

雄個体は交配したのを確認後，飼育容器内から取り除いた．複眼の色の表現型は，幼虫では判別が不可能なので，成虫になった個体についてのみ調べた．羽化以前に死亡した個体はデータから除外した．

2.3 複眼の組織標本

変異型，野生型それぞれの成虫個体の頭部を切り取り，その頭部をブアン液で固定した．固定した頭部から視葉や視神経幹などをつけたまま複眼を切り出し，クチクラの殻を剥がした．このようにして摘出した複眼を脱水，透徹しパラフィンに包埋した．これをミクロトームで切り厚さ $12\ \mu\text{m}$ の切片にし，ヘマトキシリンとエオシンで二重染色し組織切片標本を作成した．

3 結果と考察

交尾後 1 週間前後で産卵が始まった。カブトムシは、マットを団子状（直径約 8 mm）に固め、それぞれ固めたマットの中に楕円形の卵（長径約 3 mm）を 1 個ずつ産んだ。自然の状態で雌 1 個体は、約 50 個の卵を産むが、環境条件により数個しか産まない場合もある [4]。

日本の自然下では、カブトムシの繁殖は年 1 回であるが、本実験では季節に関係なく室温を $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保って飼育したので孵化から羽化までの期間は約 8 か月間であった。2 年間で 3 世代の継代飼育ができた。Figure 1 に、 F_2 の変異型個体と野生型個体それぞれの頭部を示した。



Fig. 1. カブトムシ *Allomyrina (trypoxylus) dichotoma* の白い複眼の個体と野生型の個体。A：白い複眼の突然変異個体，B：野生型個体。

3.1 変異型個体と野生型個体との交配による子孫の分離比

変異型個体（ ）と野生型個体（ ）との交配による F_1 個体は、複眼の色の表現型はすべて野生型個体と同様であった。 F_1 個体同士の交配による 5 対の個体から生まれた F_2 の変異型と野生型の個体数は Table 1 に示した。幼虫で死亡した個体があったためか変異型と野生型個体との比率は、それぞれの対で 1：2～1：4.1 とまちまちであったが、親 5 対の子の総数では変異型と野生型それぞれ 50，134 個体であり、1：2.7 であった。他の F_1 個体同士の交配で生まれた F_2 の変異型と野生型は、それぞれ 123，397 個体であり、比率は 1：3.2 であった。全体では、変異型と野生型それぞれ 173，531 個体で、比率は 1：3.1 であった。変異型個体同士の交配による第 3 代（ F_3 ）の個体では、複眼の色の表現型はすべて変異型であった。フタホシコオロギの場合も F_2 は、複眼の白い個体と野生型個体の比率は 1：3 であった [1]。これらのことから、このカブトムシの白い複眼の変異を引き起こす遺伝子は劣性遺伝子であり、メンデルの優性の法則に従うと考えられる。

Table 1. 5 対の F_1 個体同士の交配による F_2 の変異型と野生型の個体数と分離比．

対	変異型	野生型	分離比 変異型：野生型	カイ自乗検定統計量
1	10	20	1：2	0.682...
2	14	35	1：2.5	0.441...
3	8	21	1：2.6	0.188...
4	10	25	1：2.5	0.150...
5	8	33	1：4.1	0.529...
合計	50	134	1：2.7	0.464...

メンデルの優性の法則に従えば，変異型と野生型は 1：3 の割合で現れる．したがって，次に基づき

型	変異型	野生型	計
実験値	173	531	704
期待値	176	528	704

カイ自乗検定統計量を計算すると

$$\frac{(173 - 176)^2}{176} + \frac{(531 - 528)^2}{528} = \frac{36}{528} = 0.0681818 \dots$$

有意水準 $\alpha = 0.05$ に対する棄却限界は $\chi^2_{1,0.05} = 3.841$ [5] であり，カイ自乗値は棄却限界に達しないので，メンデルの優性の法則に矛盾するとは言えない．Table 1 で与えたそれぞれの場合についても同様にカイ自乗検定統計量を計算し，その結果も Table 1 に示した．

3.2 複眼の内部構造

摘出した複眼をみるとメラニン色素は，野生型の個体では複眼のクチクラ層に接する層にあったが，変異型のものでは無かった (Figure 2)．この図で，a は変異型の複眼，b は野生型の複眼がメラニン色素で覆われている部位，c はクチクラを剥がすときにメラニン色素の層が脱落した部位，d は脳．

野生型のカブトムシの複眼はクチクラの殻の内側に接してメラニン色素を含む層があった．Figure 3 の A の角膜上皮細胞層の黒い部分がメラニン色素を含む層であるが，この層の上半分位がクチクラの殻を剥がすときに殻に着いて剥ぎとられた．変異型では，この層にメラニン色素がなかった (Figure 3, B, Figure 4, A)．フタホシコオロギでは，野生型の個体の複眼は，各個眼の全長にわたって周りはメラニン色素で覆われていた [2] が，野生型のカブトムシの円錐体や棒状体の周りにはメラニン色素は無かった (Figure 4)．円

カブトムシの白色眼突然変異体

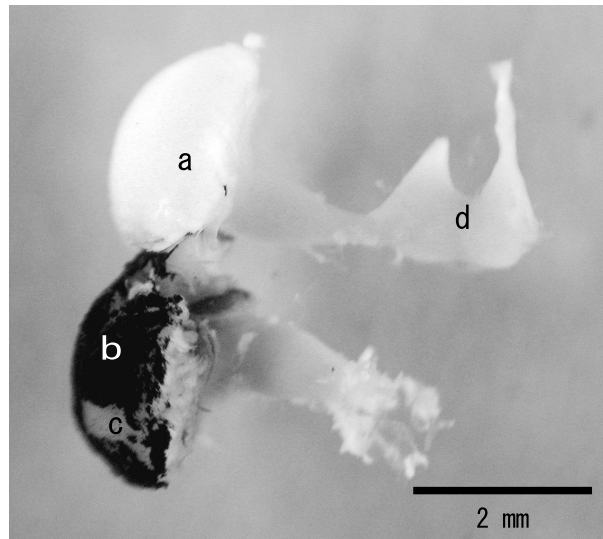


Fig. 2. プアン固定後、クチクラの殻を剥がして摘出した複眼．a：変異型個体の複眼，b：野生型個体の複眼，c：殻を剥がすときにメラニン色素層が脱落した部位，d：変異型個体の脳．

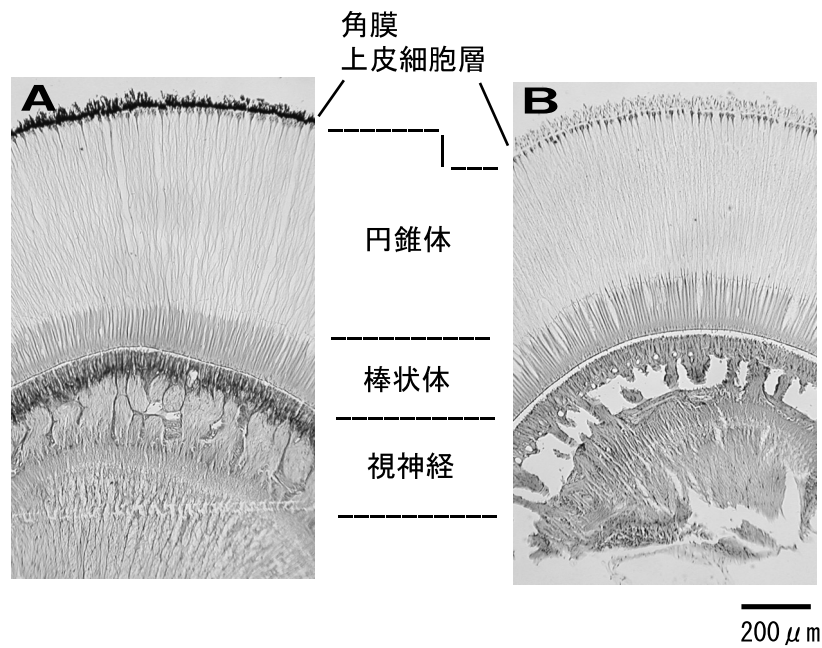


Fig. 3. 野生型個体と変異型個体の複眼の縦断面．A：野生型個体，B：変異型個体．

錐体の部位の横断面で，各個眼間の境が光学顕微鏡下では確認できなかった．フタホシコオロギでは，変異体の白い複眼でも横断面は個々の個眼の境が明瞭であった [2] が，カブトムシの複眼では円錐体を包んでいる膜は観察できなかった (Figure 5, A)．このことから，カブトムシの円錐体の膜は薄く透

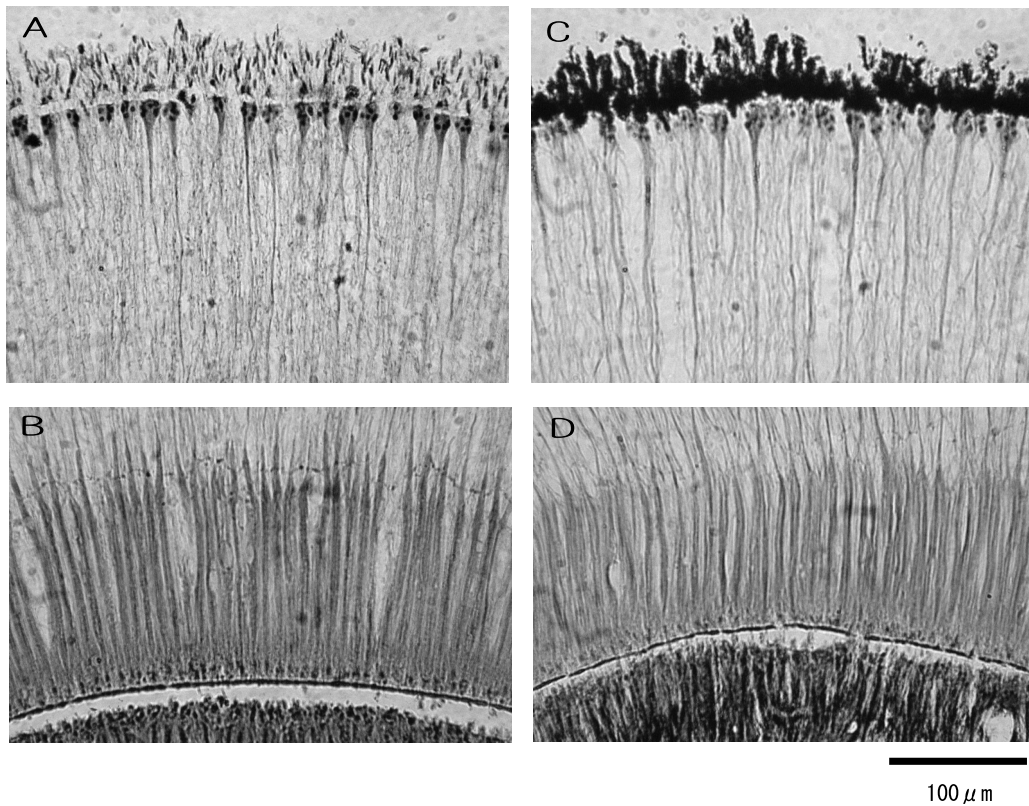


Fig. 4. 変異型個体と野生型個体それぞれの複眼縦断面の円錐体部と棒状体部．A：変異型個体の角膜上皮細胞層と円錐体，B：変異型個体の棒状体，C：野生型個体の角膜上皮細胞層と円錐体，D：野生型個体の棒状体．

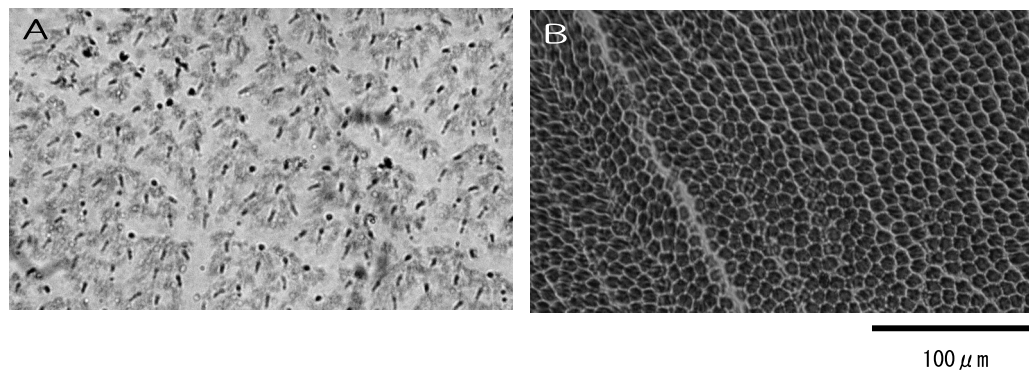


Fig. 5. 野生型個体の複眼の円錐体部と棒状体部の横断面．A：円錐体部，B：棒状体部．

明であることが考えられる．カブトムシの棒状体は，エオシンに濃く染まったが，棒状体間の間隙はエオシンに染まらず透明なため個眼間の境が明瞭であった（Figure 5，B）．

一般に，個眼の周りがメラニン色素で覆われているのは，個眼に入った光

が隣接する個眼に拡散しないためと考えられている．このような事実とカブトムシは夜行性であり野生型の複眼の外層がメラニン色素層になっていたことから，カブトムシは物体を像として受容しているのかどうか興味がある．

謝辞

組織標本作製に際しまして，実験室および器具類の使用の便宜をはかってくださいました山形大学理学部生物学科の渡邊明彦助教授に深謝します．カイ自乗検定に関してご助言をいただいた山形大学理学部数理科学科の水原昂廣教授に感謝します．

References

- [1] 磯野邦夫，視覚 mutant と光受容過程．動物生理，1，9-15，1984．
- [2] 濱田啓太郎，伊藤宏，中谷勇，コオロギの白色眼突然変異体．遺伝，43，39-40，1989．
- [3] Kong, K. L. and T. H. Goldsmith, Photosensitivity of reticular cells in white-eyed crayfish *Procambarus clarkii*, JOURNAL OF COMPARATIVE A, 122, 273-288, 1977.
- [4] 海野和男，カブトムシの百科（増補版），データハウス，1999．
- [5] 稲垣宣生，数理統計学，裳華房，2003．